

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Volba vhodných brusných kotoučů pro bezhroté broušení**

**The Selection of Appropriate Grinding Wheels for Centerless  
Grinding**

Student:

Bc. Hana Niederlová

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Hana Niederlová**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 20 Strojírenská technologie  
Téma: **Volba vhodných brusných kotoučů pro bezhroté broušení**  
**The Selection of Appropriate Grinding Wheels for Centerless Grinding**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Specifika broušení.
3. Návrh vhodných nástrojů.
4. Diskuse experimentů.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [3] BUMBÁLEK, B.; ODVODY, V.; OŠŤÁDAL, B. *Drsnost povrchu*. Praha: SNTL, 1989, 340 s. ISBN 04-252-89.
- [4] VASILKO, K.; BOKUČAVA, G. *Brúsenie kovových materiálov*. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1988. 235 s.
- [5] VASILKO, K.; MICHEL, D.; HRUBEC, J. *Brúsenie a ostrenie rezných nástrojov*. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1984. 338 s.

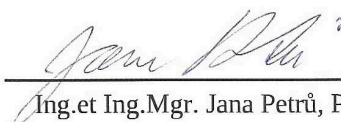
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

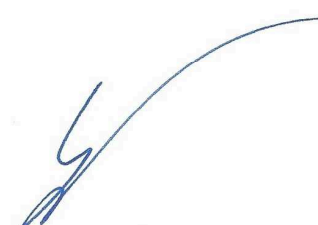
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



  
Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.05.2014

.....*Bc. Hana Nedelková*.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19.05.2014

*Bc. Hana Niederlová*  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Hana Niederlová

Adresa trvalého pobytu autora práce: Libina 664

78805 Libina

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

NIEDERLOVÁ, H. *Volba vhodných brusných kotoučů pro bezhroté broušení : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 64 s. Vedoucí práce: Vrba, V.

Diplomová práce je zaměřena na volbu vhodných brusných kotoučů pro bezhroté broušení, kde byly testovány různé druhy brusných kotoučů od různých dodavatelů, aby na řezné hraně VBD RCGS, nedocházelo ke vzniku vydrolenin a defektů. V teoretické části je představena firma, ve které byl experiment prováděn. Dále je popsána specifikace broušení. V experimentální části je návrh vhodných nástrojů spolu s diskusí experimentu. Následuje technicko-ekonomické zhodnocení.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

NIEDERLOVÁ, H. *The Selection of Appropriate Grinding Wheels for Centerless Grinding : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2014, 64 p. Thesis head: Vrba, V.

The Master Thesis is focused on Selection of Appropriate Grinding Wheels for Centerless Grinding. Where were tested different kinds of grinding wheels from different suppliers, so that the cutting edge of the Cutting Indexable Insert RCGS avoid the occurrence of defects and Chipping. In the theoretical part is the short introduction of the company where the experiment was made. Further is described the grinding process. In the experimental part is the proposal of suitable tools along with a discussion of the experiment. The following is a techno-economic evaluation.

# Obsah

<b>Seznam použitých značek a symbolů .....</b>	<b>8</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Obecná charakteristika daného problému .....</b>	<b>10</b>
1.1 Firma Pramet Tools, s.r.o.....	10
1.1.1 Sortiment firmy .....	12
<b>2 Specifikace broušení .....</b>	<b>14</b>
2.1 Broušení .....	14
2.1.1 Podstata metody .....	14
2.1.2 Základní metody .....	15
2.1.3 Chladicí kapaliny .....	15
2.1.4 Řezné podmínky .....	16
2.1.5 Dosahované parametry .....	16
2.2 Slinuté karbidy .....	17
2.2.1 Metody povlakování slinutých karbidů .....	18
<b>3 Návrh vhodných nástrojů .....</b>	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.1 Postup výroby VBD RCGS .....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.2 Řezná destička RCGS .....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.2.1 Druhy řezných destiček RCGS .....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.2.2 Materiály pro výrobu řezných destiček RCGS	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.2.3 Utvářeč.....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.2.4 Držáky pro břitové destičky RCGS .....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.3 Bezhruté broušení .....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.3.1 Průchozí broušení .....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.3.2 Zapichovací broušení .....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.3.3 Poloha obrobku v pracovním prostoru brusky	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.3.4 Vodící lišty.....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.4 Broušící stroj - Bezhrutá bruska Agathon 150 SL 30 CNC	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>
3.4.1 Technická data stroje .....	<b>Chyba! Zálložka není definována.</b>

3.4.2	Orovnávání brusných kotoučů .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.4.3	Unášecí kotouč .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.4.4	Orovnání unášecího kotouče .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.5	Kvalitativní normy .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
3.6	Volba vhodných brusných kotoučů pro bezhroté broušení VBD RCGS...	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>4</b>	<b>Diskuse experimentu.....</b>	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
4.1	Značení brusných kotoučů .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
4.2	Nastavení standardních parametrů broušení ...	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
4.3	Testování brusných kotoučů .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>5</b>	<b>Technicko-ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Závěr</b>	<b>.....</b>	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

## Seznam použitých značek a symbolů

CNC	Computer Numeric Control - číslicové řízení počítačem, nejčastěji u obráběcích strojů [-]
CVD	Chemical Vapor Deposition - technologie povlakování, založena na chemickém principu [-]
IT	stupeň přesnosti [-]
PEG	polyethylenglykol [-]
PVD	Physical Vapour Deposition - technologie povlakování, založena na fyzikálním principu [-]
RCGS	značení VBD (ISO) [-]
SK	slinutý karbid [-]
SPM	Seco Production Manual – výrobní návod [-]
VBD	vyměnitelná břitová destička [-]
R	poloměr [mm]
$R_a$	drsnost povrchu [ $\mu m$ ]
$a_d$	přísuv orovnávacího kotouče [ $m.s^{-1}$ ]
$q_d$	rychlostní poměr mezi orovnávacím a brusným kotoučem [ $m.s^{-1}$ ]
$v_c$	obvodová rychlost brusného kotouče [ $m.s^{-1}$ ]
$v_R$	obvodová rychlost orovnávacího kotouče [ $m.s^{-1}$ ]
$\alpha$	úhel sklonu orovnávacího hrotu [°]
$\alpha_h$	vrcholový úhel orovnávacího hrotu [°]
$\alpha_o$	ortogonální úhel hřbetu [°]
$\gamma_o$	ortogonální úhel čela [°]
$\lambda_s$	úhel sklonu ostří [°]



# Úvod

Diplomová práce vychází z potřeb firmy Pramet Tools, s.r.o. Šumperk, která se zabývá vývojem, výrobou a prodejem obráběcích nástrojů ze slinutého karbidu.

Firma Pramet díky vlastnímu výzkumu a vývoji celkově inovovala výrobní sortiment nástrojů pro třískové obrábění ze slinutých karbidů. Sortiment nástrojů a nářadí prošel inovací nejen materiálovou, ale také změnou nových tvarů a geometrií. Sortiment produktů odpovídá plně požadavkům moderních technologických postupů obrábění. Díky novým technologiím se zvýšila výkonnost řezných nástrojů.

Výrobu slinutého karbidu lze rozčlenit dle jednotlivých procesů na fáze: doprava prášku (slinutého karbidu), lisování, slinování, pískování, broušení, rektifikace, kontrola, mytí, čištění a balení. Některé VBD se ještě povlakuji.

Diplomová práce je zaměřena na volbu vhodných brusných kotoučů pro bezhroté broušení. Proto se tedy v této práci zaměříme na broušení VBD RCGS, protože při jejich broušení vznikají na řezné hraně VBD RCGS vydroleniny a defekty, které jsou neakceptovatelné, tomu je potřeba zabránit.

Budeme tedy testovat několik brusných kotoučů od několika různých výrobců, jako jsou: „Rappold–Winterthur, Mister Abrasives, Urdiamant, Wendt, Saint–Gobain a Asahi Diamond“. Naším cílem je u tohoto bezhrotého broušení – zapichovacím způsobem zvolit takový brusný kotouč, kdy se zlepší kvalita řezné hrany VBD RCGS a aby se dále už nevyskytovaly vydroleniny a defekty.

V experimentu tedy nastavíme bezhrotou brusku: Agathon 150 SL 30 CNC vždy na stejné parametry broušení, které jsme stanovili jako standardní. Při testování každého nového brusného kotouče tedy použijeme standardní podmínky. Experimentem nejdříve zjistíme, jak se bude chovat brusný kotouč a následně jak bude vypadat výsledek po tomto broušení. Když zjistíme, že výsledek broušení je špatný, zkusíme následně změnit parametry broušení, abychom se pokusili dosáhnout lepší kvality VBD RCGS.

# 1 Obecná charakteristika daného problému

Firma Pramet Tools, s.r.o. vyrábí kvalitní řezné nástroje. Diplomová práce se zabývá volbou vhodných brusných kotoučů pro bezhroté broušení. V současné době se ve firmě potýkají se špatnou kvalitou řezné hrany na VBD RCGS. Na řezné hraně VBD RCGS se vyskytují vydroleniny a defekty. Tento současný stav řezné hrany je pro firmu neakceptovatelný a tak budeme hledat jiný brusný kotouč pro bezhroté broušení – zapichovacím způsobem, kde budeme zkoušet kotouče od různých dodavatelů, abychom zabránili těmto vydroleninám a defektům. Budeme se snažit docílit, čisté a hlavně kvalitní řezné hrany.

## 1.1 Firma Pramet Tools, s.r.o.

Počátky výroby nástrojů a náradí ze slinutých karbidů je v České republice tradicí již od 30. let minulého století. Ve 30. letech byla zahájena výroba slinutých karbidů používaných jako řezné materiály. Tato skutečnost ovlivnila výrazně nástroje pro obrábění. V tehdejší Československu byla v roce 1951 založena společnost Pramet, která přemístila svou výrobu z Kladna do Šumperka. Zde společnost vybudovala moderní závod, ve kterém se vyrábějí součásti ze slinutého karbidu a řezné nástroje osazené prvky ze slinutého karbidu. Společnost Pramet vyrábí řezné nástroje ve více než 40–ti materiálových variantách. Svoji vedoucí pozici na tuzemském trhu je společnost Pramet schopna nadále udržovat především díky 50–ti leté tradici a zkušeností ve výrobě těchto řezných nástrojů a rovněž prostřednictvím reprodukovatelné kvality materiálů, spolu s kontinuálním výzkumem a vývojem, to umožnilo společnosti Pramet udržet si přední pozici na českém trhu a stále více posilovat i zahraniční obchod. [1], [2], [3]

V roce 1999 začala nová éra společnosti Pramet. Došlo k propojení s firmou Seco, která je silným finančním partnerem. Firma Seco je průkopníkem ve výrobě řezných nástrojů. Tato firma se nachází ve Švédsku a je zastoupena asi v padesáti zemích a má přes čtyřicet zahraničních dceřiných společností. Firma Seco zaujímá přední světovou pozici mezi výrobcí obráběcích nástrojů ze slinutých karbidů. V dnešní době firma Seco doručuje miliony produktů (nástroje pro soustružení, frézování, vrtání a obrábění) po celém světě.

V roce 2001 bylo jmění firmy Seco přes 12 miliard korun. [1], [2], [3]

Z důvodu tohoto obchodního spojení byly nakoupeny nové technologie pro modernější výrobu vyměnitelných břitových destiček (VBD). Vzniklo nové oddělení logistiky. Rozrostl se vývoj a výzkum a proběhla i změna informačních systémů. Následně došlo k posílení technického servisu a poradenství zákazníkům a rozšířila se síť poboček. Nové pobočky byly založeny v Itálii a v Polsku. [1], [2], [3]



*Obr.1 Firma Pramet Tools, s.r.o.*

Od roku 2000 společnost Pramet díky vlastnímu výzkumu a vývoji celkově inovovala výrobní sortiment nástrojů pro třískové obrábění. Sortiment nástrojů a nářadí prošel inovací nejen materiálovou, ale také změnou nových tvarů a geometrií. Společnost Pramet také inovovala tvářecí a lisovací nářadí ze slinutých karbidů. [1], [4]

V dnešní době nový sortiment produktů odpovídá plně požadavkům moderních technologických postupů obrábění a světovým trendům. Díky novým technologiím se zvýšila výkonnost řezných nástrojů o mnoho desítek procent při srovnání s původním sortimentem. [1], [4]

Splňovat požadavky zákazníků na dodání zboží v co nejkratší možné době umožnily nové logistické systémy, celková reorganizace dopravy a řízení skladů. Společnost Pramet je schopna do 24 hodin dodat skladové zboží v Tuzemsku a do 48 hodin v zahraničí. Své výrobky společnost Pramet prodává ve spolupráci s vlastními prodejci, kteří poskytují zároveň i technický servis. V České republice prodává společnost Pramet své výrobky prostřednictvím smluvních distributorů. [1], [4]

### 1.1.1 Sortiment firmy

#### **Vyměnitelné břitové destičky**

- pro speciální operace
- pro soustružení
- pro vyvrtávání
- pro frézování
- pro vrtání [2]

#### **Nástroje pro soustružení**

##### **s vyměnitelnými břitovými destičkami**

- závitování
- vnitřní a vnější
- speciální nástroje
- kopírování
- upichování a zapichování [3]



*Obr.2 Sortiment firmy [2]*

#### **Nástroje pro frézování**

##### **s vyměnitelnými břitovými destičkami**

- stopkové frézy
- válcové frézy
- kopírovací frézy
- speciální frézy
- rovinné frézy
- frézy do rohu
- monolitní frézy
- kotoučové frézy [2]

#### **Nástroje pro vrtání**

- vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami
- monolitní vrtáky [3]

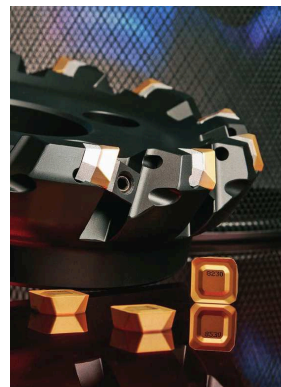


*Obr.3 Sortiment firmy [3]*

## Těžké obrábění

### Frézování

- frézy do rohu
- kotoučové frézy
- vyměnitelné břitové destičky
- rovinné frézy [2]



*Obr.4 Sortiment firmy [2]*

### Soustružení

- hlavice
- vyměnitelné břitové destičky
- nožové držáky
- kazety [3]



*Obr.5 Sortiment firmy [3]*

### Ořezávání svárů

- nožové držáky
- vyměnitelné břitové destičky pro vnější ořez
- řezné kroužky pro vnitřní ořez [2]

### Loupání tyčí

- vyměnitelné břitové destičky
- kazety [3]



*Obr.6 Sortiment firmy [2]*

### Kopírování

- monolitní frézy
- hrubovací frézy
- kulové frézy
- HFC frézy
- dokončovací frézy [2]



*Obr.7 Sortiment firmy [3]*

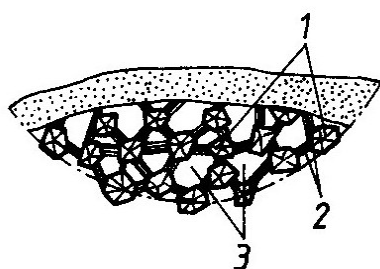
### Speciální řešení

- komplexní řešení
- návrh řešení ve spolupráci se zákazníkem [3]

## 2 Specifikace broušení

### 2.1 Broušení

Mezi historicky nejstarší metody obrábění patří broušení. U nástrojů pro broušení má každé zrno brusiva jiný geometrický tvar, na rozdíl od jiných metod obrábění, kde je břit nástroje vždy přesně definován. V brousicím nástroji jsou zrna umístěna náhodně a jsou spojena pojivem. Mezi pojivem a zrna se vyskytují volná místa – tzv. póry. Struktura brousicího nástroje je schématicky znázorněna na obr. 8. [5], [6]



1 – zrna brusiva

2 – pojivo

3 – póry

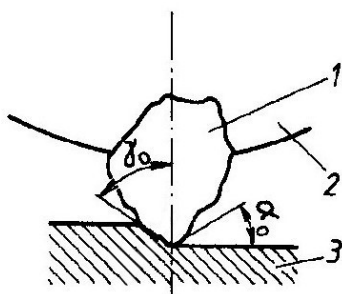
Obr.8 Struktura brousicího nástroje [5]

Kromě nástrojů brousicích se také pro broušení používá volné brusivo. Volná zrna jsou k předmětu broušenému přitlačována deskou, trnem apod. [5]

Broušení je dokončovací metoda obrábění válcových, rovinných nebo tvarových vnějších a vnitřních ploch nástrojem, jehož břity jsou tvořeny zrna tvrdých materiálů, spojených navzájem vhodným pojivem. [5]

#### 2.1.1 Podstata metody

Charakteristické pro broušení je, že současně je v záběru velké množství zrn (břitů), které ubírají třísky velmi malých průřezů různých velikostí. Zpravidla je negativní úhel čela zrna  $\gamma_0$  (obr. 9). [5]



1 – zrno

2 – brousicí kotouč

3 – obrobek

$\alpha_0$  - ortogonální úhel hřbetu

$\gamma_0$  - ortogonální úhel čela

Obr.9 Tvar zrna brousicího kotouče [5]

V současné strojírenské výrobě se broušení používá zejména na dokončovací obrábění ploch s vysokou přesností a jakostí obrobeného povrchu, opracování materiálů s vysokou tvrdostí a pevností, kde je obrábění jinými nástroji nemožné, nebo obtížné (keramické materiály, kalené oceli apod.). [5]

### **2.1.2 Základní metody**

Broušení se dá rozdělit z hlediska tvaru broušených ploch a způsobu práce:

- broušení do kulata vnější axiální (s podélným posuvem),
  - axiální hloubkové,
  - zápichové,
  - bezhroté (zápichové nebo axiální);
- vnitřní axiální (s podélným posuvem),
  - zápichové,
  - planetové,
  - bezhroté;
- broušení rovinné obvodem kotouče,
  - čelem kotouče;
- broušení tvarové tvarovými kotouči,
  - kopírovacím způsobem,
  - na NC a CNC broušicích strojích. [5], [6]

### **2.1.3 Chladicí kapaliny**

Při broušení způsobuje vysoká řezná rychlost, vznik značného množství tepla v místě řezu. Ve většině případů je při broušení nutné použít chladicí kapalinu, která má tři funkce:

- odvádí část tepla, vzniklého při broušení,
- v místě řezu snižuje tření a tím i množství vzniklého tepla,
- odplavuje vzniklé třísky i odlomené části zrn kotouče. [5]

Kapalina chladicí by měla být přiváděna v dostatečném množství. U běžného broušení se chladicí kapalina pohybuje asi kolem 1 litr za minutu na 1 mm šířky kotouče. Při rychlostním broušení je potřeba kapalinu přivádět pod vysokým tlakem až 2 MPa a ve větším množství. [5]

Pro náročnější broušení se používají speciální chladicí kapaliny a řezné oleje určené pro broušení, pro běžné broušení se používá roztoků elektrolytů a emulzí. [5]



### 2.1.4 Řezné podmínky

Podle způsobu broušení a podle druhu pojiva se volí řezná rychlost (obvodová rychlost kotouče). U keramického pojiva se pro vnější broušení používá řezných rychlostí  $30 \text{ m.s}^{-1}$  až  $35 \text{ m.s}^{-1}$ , u kotoučů moderních do  $100 \text{ m.s}^{-1}$ . Lze použít rychlostí i přes  $100 \text{ m.s}^{-1}$ , u kotoučů řezacích z pryskyřičným pojivem, vyztužených skelnými vlákny. Pro broušení rychlostní se vyrábějí kotouče speciální s keramickou vazbou, umožňující brousit rychlostí až  $120 \text{ m.s}^{-1}$ . Posuv podélný obrobku při rotačním broušení se volí 0,3 až 0,5 šířky kotouče, při broušení rovinném až 0,7 šířky kotouče. Radiální přísuv kotouče se při hrubování do řezu volí 0,01 mm až 0,1 mm za zdvih, při broušení načisto do 0,01 mm. Pro lepší zpřesnění rozměru plochy broušené se provede tzv. vyjiskřování, kde se bez přísuvu obrobek několikrát přebrousí brousicím kotoučem. Vyrovnají se tím pružné deformace soustavy stroj – nástroj – obrobek – upínač, které jsou způsobené tepelnou roztažností a řeznými silami. V závislosti na materiálu obrobku a požadované jakosti povrchu, se obvodová rychlost obrobku volí  $20 \text{ m.min}^{-1}$  až  $40 \text{ m.min}^{-1}$ . [5]

### 2.1.5 Dosahované parametry

Ve většině případů se technologie broušení používá jako dokončovací operace, proto se požaduje, aby odpovídala přesnost rozměrů a jakost obrobených ploch. Tyhle parametry závisí především na tuhosti a přesnosti brousicího stroje, na způsobu broušení, na řezných podmínkách, na velikost zrna a dalších vlastnostech brusného kotouče. [5]

V tab. 1 jsou uvedeny přesnosti rozměrů a jakosti obrobené plochy broušením, dosahované při různých způsobech broušení. [5]

Tab. 1 Přesnost a jakost ploch obrobených broušením [5]

Tvar broušené plochy	Způsob broušení		Přesnost rozměrů IT	Jakost obrobené plochy Ra [ $\mu\text{m}$ ]
Rovinná	hrubování	čelem	9–11	0,8–6,3
		obvodem	8–11	0,8–3,2
	načisto	čelem	5–7	0,2–1,6
		obvodem	5–7	0,2–1,6
	jemné broušení		3–5	0,025–0,4
Vnitřní válcová	hrubování		9–11	1,6–3,2
	načisto		5–7	0,4–1,6
	jemné broušení		3–6	0,05–0,4
Vnější válcová	hrubování		9–11	1,6–3,2
	načisto		5–7	0,4–1,6
	jemné broušení		3–6	0,025–0,4

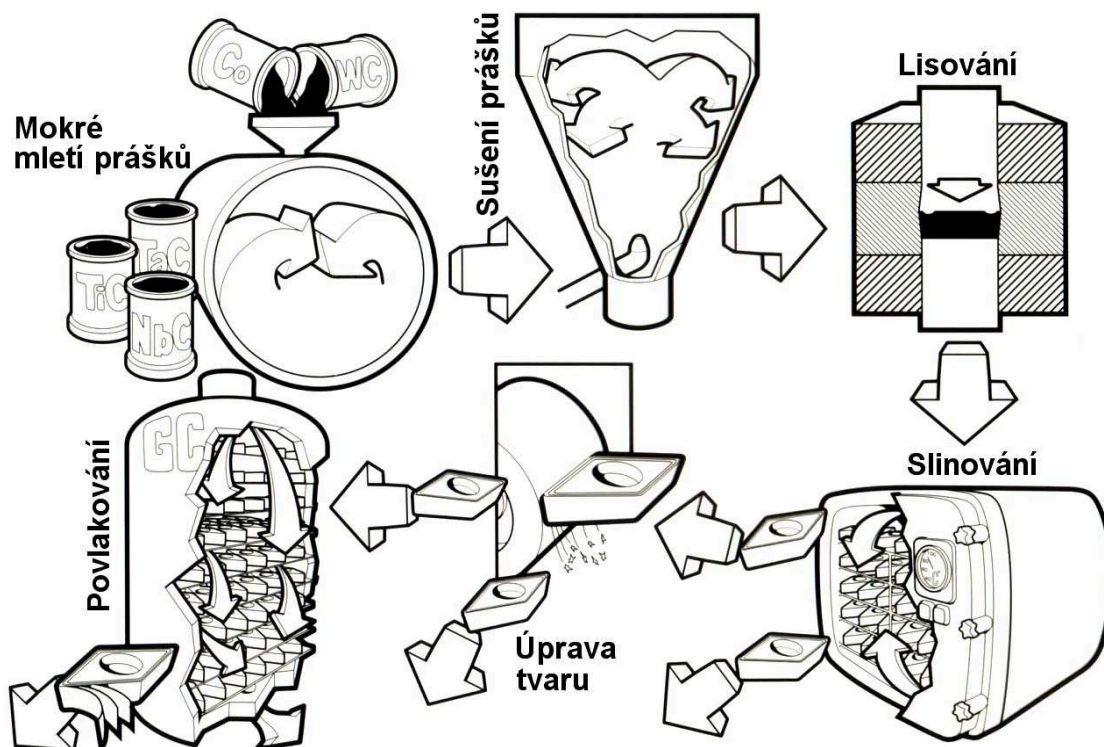


## 2.2 Slinuté karbidy

Slinutý karbid je řezným materiálem, který obsahuje tvrdé částice karbidu a kovové pojivo. Tímto kovovým pojivem jsou vázány karbidy. Zde je skloubená výborná kombinace vlastností, kde hraje tento řezný materiál při obrábění kovů hlavní roli, při vyšších řezných rychlostech obrábění. V posledních 60-ti letech probíhal velmi bouřlivě vývoj břitu, takže se podstatně zvýšila produktivita obrábění. Slinuté karbidy se používají jak povlakované tak i nepovlakované. [7]

Slinuté karbidy se vyrábí práškovou metalurgií. Struktura je tvořena karbidy vysocetavitelných kovů wolframu (WC), titanu (TiC) a pojicím kovem. Pojicím kovem je nejčastěji kobalt (Co). Používají se i další přísady karbidy tantalu (TaC) a niobu (NbC). [7], [8], [9]

Slinutý karbid mohou tvořit tyto uvedené karbidy i bez použití kovového pojiva, protože tyto karbidy jsou navzájem rozpustné. Uvedené karbidy jsou velice tvrdé. Množství tvrdých částic tvoří 80–95 % objemu celkového řezného materiálu a jejich velikost se pohybuje v rozmezí 1–10  $\mu\text{m}$ . [7], [8], [9]



Obr.10 Výroba slinutého karbidu [10]

Pečlivě kontrolovanými technologiemi se vyrábí slinutý karbid. Velký význam pro rozhodující kvalitu výrobku má složení a struktura, což se nejvíce projeví na výkonnosti, která je požadovaná při obrábění. Průběh výroby slinutého karbidu: mletí prášku → sušení prášku → lisování → slinování → úprava tvaru (broušení, leštění,...) → povlakování. Přísně jsou v průběhu slinování kontrolovány tolerance obsahu jednotlivých složek jako wolframu a kobaltu, tak i ostatní karbidy, protože jsou velmi úzké a v průběhu slinování zrna narůstají. Slinutý karbid by měl mít homogenní strukturu. Cílem výroby slinutého karbidu je dodat zákazníkovi řezné destičky s vysokým výkonem a s maximální kvalitou. [7]

Většina výrobců v dnešní době slinuté karbidy povlakuje. Slinuté karbidy povlakované jsou složeny z pevného karbidového podkladu a z termochemicky stabilního povlaku (nitridy, karbidy, oxidy a jejich kombinace). Výsledkem povlakování jsou lepší materiály, kde se napovlakovaný materiál dá použít pro vysoké řezné a posuvové rychlosti, přerušovaný řez a vysoký úběr třísky. Hlavním cílem povlaků je zejména prodloužení životnosti nástroje, zajistit snížení součinitele tření, neulpívání třísek na čele, zamezení vzniku nárůstků a získání tvrdého povrchu při zachování houževnatého jádra. [8]

Povlakováním získáme vysoce kvalitní nástroje, které zajistí vysoké řezné a posuvové rychlosti, vysoký úběr materiálu a možnost využití nástroje pro přerušované řezy. Jako první byly vyvinuty povlaky z TiC, potom z TiN, TiCN a následně byly vyvinuty povlaky z  $Al_2O_3$ . Povlaky z  $Al_2O_3$  mají vyšší teplotní odolnost než ostatní povlaky a to o 800 °C. Volba vhodného povlaku záleží na způsobu použití nástroje a použitých podmínek při obrábění. Každý druh povlaků vykazuje jiné vlastnosti. [8]

### **2.2.1 Metody povlakování slinutých karbidů**

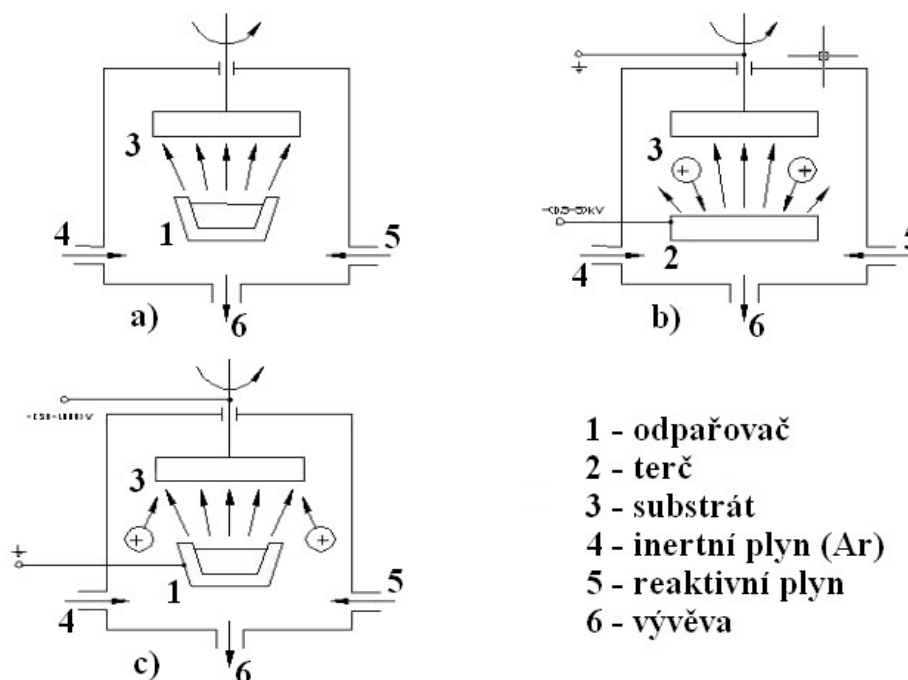
Slinuté karbidy se povlakuje tak, že se na řeznou destičku nanese tenká vrstva materiálu s výbornou odolností proti opotřebení a vysokou tvrdostí. Tyto výborné vlastnosti vyplývají z toho, že povlakovaná řezná destička neobsahuje pojivo, má méně strukturních defektů a má o několik řádů jemnější zrnitost. Podle způsobu se povlakování dělí do dvou základních skupin. [8]

- **Metoda PVD**

Metoda PVD (Physical Vapour Deposition) je proces nanášení povlaku, který je vytvořen napařováním, iontovým plátováním, nebo napařováním. Povlak se nanáší odpařováním materiálu z tekutého nebo pevného zdroje ve formě molekul nebo atomů. Poté je přenesen odpařený materiál ve formě par přes nízkotlaké plynné prostředí nebo vakuum na podklad, kde kondenzuje. Sloučenina se v nanášecím procesu formuje díky reakci s okolním plynným prostředím (např. s dusíkem nebo argonem) a nanášeným materiálem. Ve vakuové komoře vznikají povlaky při tlaku 0,1–10 Pa. Do této vakuové komory je přiváděn pracovní plyn. [8], [11], [12]

PVD metoda umožňuje nanášení tloušťek v rozmezí jednotek až tisíců nm. Tato metoda povlakování jde použít pro nanášení několikavrstvých povlaků. Lze povlakovat ploché i složité tvary geometrie. Povlakovací rychlost se pohybuje mezi 1–10  $\text{nm.s}^{-1}$ . [12]

Než se nanese povlak na výrobek musí se jeho povrch nejdříve odmastit a očistit, aby nanesený povlak dobře přilnul a ještě musí projít výrobky vakuovou komorou a teprve pak se zahřejí na požadovanou teplotu. [12]

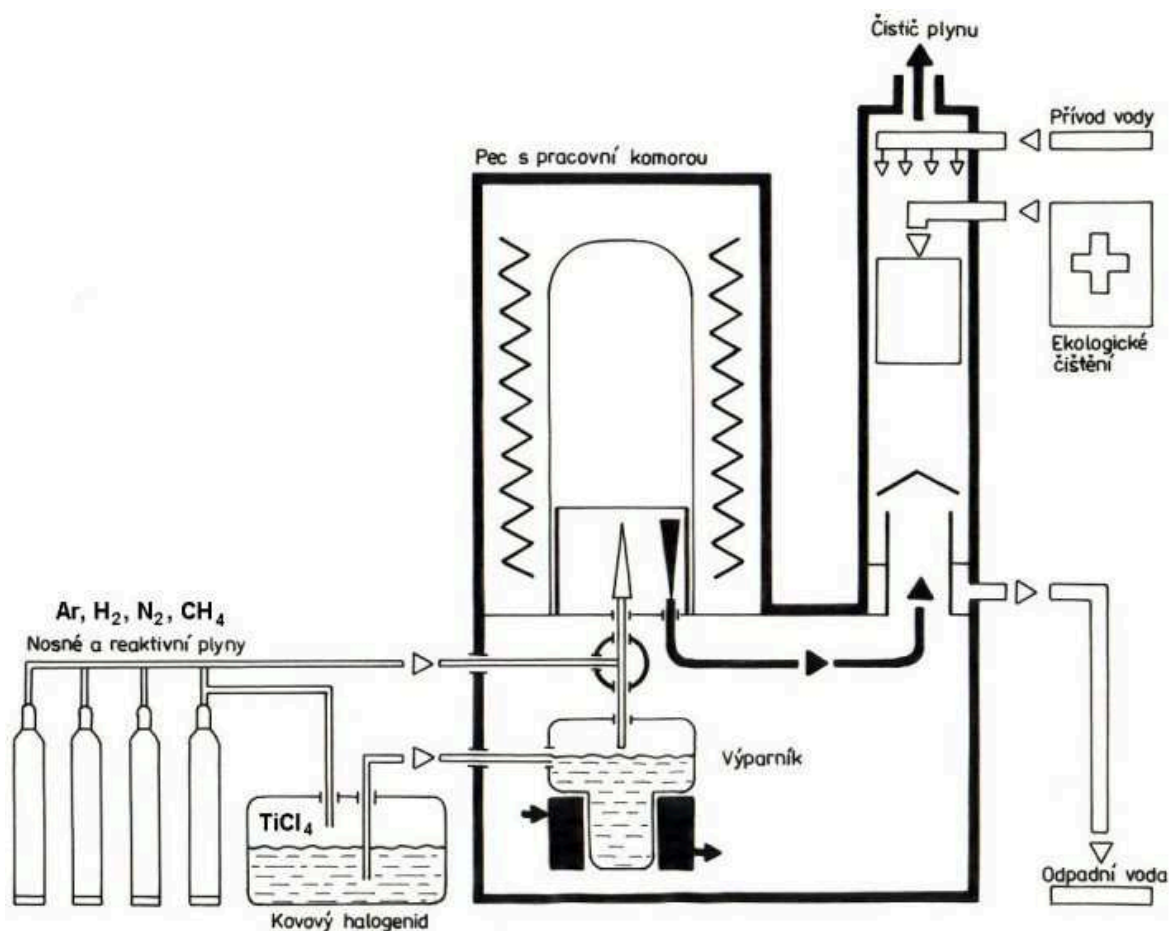


Obr.11 Povlakování metodou PVD [13]  
a) napařování, b) napařování, c) iontové plátování

- **Metoda CVD**

Metoda CVD (Chemical Vapour Deposition) je proces nanášení povlaku, který probíhá za vysokých teplot okolo 900–1200 °C. Tato metoda povlakování má výbornou přilnavost mezi povlakem a podkladem. CVD metoda umožňuje nanesení vrstev o tloušťce větší a to 10–13  $\mu\text{m}$ . Lze povlakovat výrobky složitých tvarů. Výhodou povlakování touto metodou je všestranný účinek a variabilita typů povlaků. Nevýhodou této metody je nemožnost napovlakovat ostré hrany, zbytková tahová napětí v povlaku a ovlivnění snížené ohybové pevnosti. [11]

Povlakování metodou CVD je to chemický proces, při kterém je povlakovaný výrobek ve směsi plynů (např. Ar,  $H_2$ ,  $CO_4$ , atd.), které reagují na jeho povrchu a tím požadované látky (např. TiC,  $Al_2O_3$ , TiCN) vytvářejí pevnou vrstvu. Důležité je udržovat výrobek na teplotě, která je nutná pro chemickou reakci, při které vzniká rovnovážná povlaková vrstva. [8], [14]



Obr.12 Povlakování metodou CVD [11]

Vynechaná místa obsahují údaje, které jsou výhradním majetkem firmy  
Pramet Tools, s.r.o. a ta si nepřije jejich zveřejnění.

























































































## Seznam použitých pramenů

- [1] MARŠÍČEK, Roman. *Seminář PTC – SPŠ*. Šumperk : Pramet Tools, s.r.o., 2011. 97 s.
- [2] Pramet Tools, s.r.o. Šumperk : Pramet Tools, s.r.o. Uničovská 2. *Produktivní obrábění: Představení společnosti*. 2011. 16 s. Dostupné na WWW: <<http://www.pramet.com>>.
- [3] Pramet Tools, s.r.o. Šumperk : Pramet Tools, s.r.o. Uničovská 2. *Productive machining : Corporate brochure*. 2011. 16 s. Dostupné na WWW: <<http://www.pramet.com>>.
- [4] Pramet Tools, s.r.o. Šumperk : Pramet Tools, s.r.o. Uničovská 2. [online]. 2014 [cit. 24. září 2013]. Dostupné na WWW: <<http://www.pramet.com>>.
- [5] ŘASA, J.; GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3: Metody, stroje a nástroje pro obrábění 1.díl*. 2.vyd., v Scientia, spol. s r.o., pedagogické nakladatelství. Praha : Scientia, 2005. 256 s. ISBN 80-7183-337-1
- [6] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007. Dostupné na WWW: <<http://www.elearn.vsb.cz>>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [7] AB Sandvik Coromant. *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*. 1. vyd. Praha, 1997. 980 s. ISBN 91- 972299-4-6
- [8] ROSSMANN, Miloslav. *Skripta Technologie II 1 díl* [online]. Zlínský kraj : Inovace oboru Mechatronik, 2011 [cit. 2013-09-22]. Scripta electronica, 122 s. Dostupný z WWW: <<http://homel.vsb.cz>>.
- [9] *Wikipedie otevřená encyklopedie* [online]. 2013 [cit. 26. prosince 2013]. Dostupné na WWW: <<http://cs.wikipedia.org>>.
- [10] *Výroba slinutých karbidů* [online]. [cit. 4. srpna 2013]. Dostupné na WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz>>.

- [11] HUMÁR, Anton. *Technologie I : Technologie obrábění – 1. část*. Brno : VUT Brno, 2003. 138 s. Fakulta strojní. Dostupné na WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz>>.
- [12] MATTOX, D. *Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing*. 1998. 771 s. ISBN: 978-0-81-552037-5
- [13] BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; ČEP, R.; PETRŮ, J. *Progresivní metody v obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2011. Studijní opora, 146 s. Dostupné na WWW: <<http://projekty.fs.vsb.cz>>.
- [14] *TaeguTec Příručka obrábění*. [online]. 2014. [cit. 2. ledna 2014]. 6 s. Dostupné na WWW: <<http://www.taegutec.cz>>.
- [15] VORTEL, Ondřej. *Návody k obsluze - Manuál rektifikace Sinjet IBX 12*. Šumperk : Pramet Tools, s.r.o., 13 s.
- [16] *Seco*. [online]. 2010. [cit. 5. ledna 2014]. 511 s. Dostupné na WWW: <<http://www.secotools.com>>.
- [17] Pramet Tools, s.r.o. Šumperk : Pramet Tools, s.r.o. Uničovská 2. *VBD RCGS*. 2007. 10 s.
- [18] *Seco*. [online]. 2010. [cit. 7. ledna 2014]. 528 s. Dostupné na WWW: <<http://www.secotools.com>>.
- [19] BARTOŇOVÁ, Renáta. *Technologie broušení*. Kopřivnice, 2012. 77 s. Dostupné na WWW: <<http://www.moodle2.voskop.eu>>.
- [20] GRAF, Walter. *Handbook of Centerless Grinding*. 2005. 156 s.
- [21] GRAF, Walter.; GUTSCH, Volker. *Leitfaden Spitzenloses Aussenrundscheifen*. 2006. 156 s.

- [22] *Junker partner for precision*. [online]. 2014. [cit. 22. září 2013].  
Dostupné na WWW: <<http://www.junker.cz/>>.
- [23] *User's Documentation AGATHON AG 150 SL 30 CNC*, 2006
- [24] *Tumlikovo Metal Cutting Technologies*. [online]. 2010. [cit. 27. prosince 2013].  
Dostupné na WWW: <<http://www.tumlikovo.cz/>>.
- [25] *VTN-Servis, s.r.o.* [online]. 2004. [cit. 17. března 2014].  
Dostupné na WWW: <<http://www.vtn.cz>>.
- [26] *Minnich brousicí technika s.r.o.* [online]. 2008. [cit. 9. března 2014].  
Dostupné na WWW: <<http://www.minnich.cz>>.
- [27] *Saint-Gobain*. [online]. 2011. [cit. 21. ledna 2014].  
Dostupné na WWW: <<http://www.saint-gobain.cz>>.
- [28] *Winterthur Technology Group*. [online]. 2014. [cit. 1. února 2014].  
Dostupné na WWW: <<http://www.winterthurtechnology.com>>.
- [29] *Meister Abrasives*. [online]. 2013. [cit. 7. února 2014].  
Dostupné na WWW: <[www.meister-abrasives.com](http://www.meister-abrasives.com)>.
- [30] *Urdiamant Výroba diamantových nástrojů*. [online]. 2014. [cit. 13. února 2014].  
Dostupné na WWW: <<http://www.urdiamant.cz>>.
- [31] *Sun Asahi Diamond*. [online]. 2014. [cit. 5. března 2014].  
Dostupné na WWW: <<http://www.asahi-diamond.com.au>>.

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří byli nápomocni při vzniku této diplomové práce.

Především děkuji panu doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. z katedry obrábění a montáže VŠB-TU Ostrava, za odborné vedení, cenné rady a připomínky k vypracování.

Rovněž velký dík patří vedení firmy Pramet Tools, s.r.o. za umožnění zpracování diplomové práce.

Upřímné poděkování patří rovněž panu Ing. Konstantinovi Kavrentzisovi, procesnímu inženýrovi ve firmě Pramet Tools, s.r.o. za nevšední ochotu, jeho čas a trpělivost, kterou mi věnoval během přípravy diplomové práce a za řadu hodnotných rad a námětů, které jsem využila při psaní této práce.